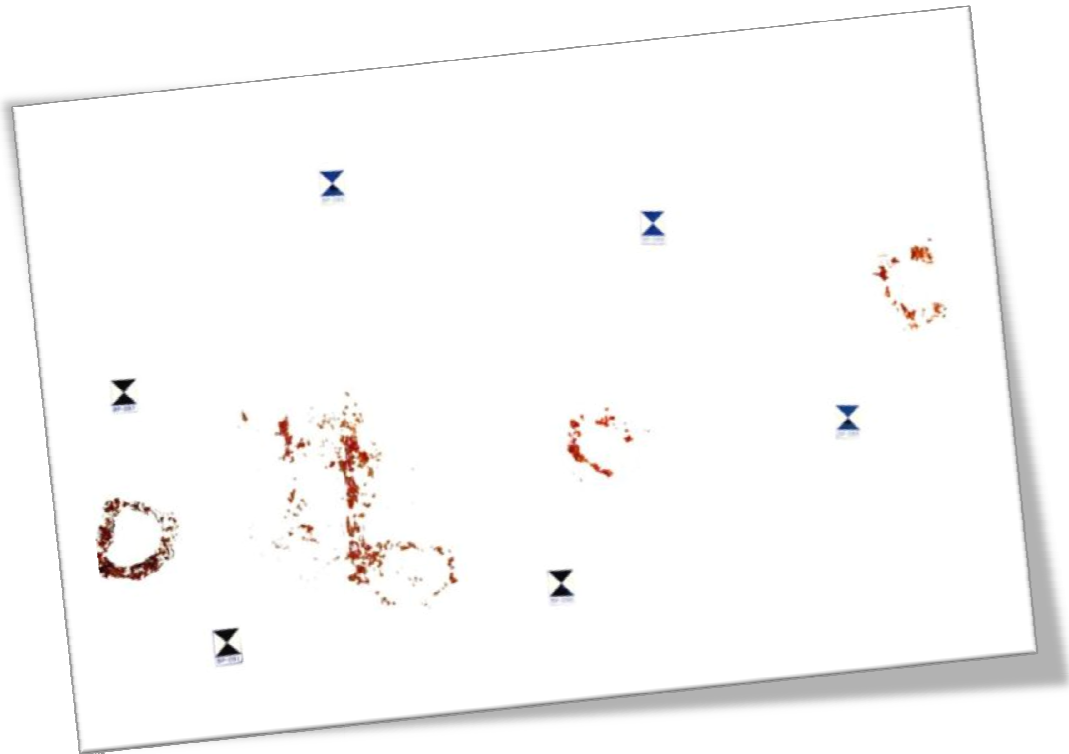




APLICACIÓN DE LAS GEOTECNOLOGÍAS LÁSER ESCÁNER PARA LA DIGITALIZACIÓN TRIDIMENSIONAL DE PINTURAS RUPESTRES DE ABRIGOS



Autor: Raúl Santisteban Martínez

Tutores: Diego González Aguilera – Javier Gómez Lahoz

Fecha: Julio 2010

Presentación

Hay ocasiones en las que uno debe tomar decisiones sobre qué hacer en un momento dado y la falta de ideas puede provocar cierto titubeo en la elección. Un ejemplo de esto pudiera ser la elección de un proyecto fin de máster o la orientación del mismo en su significado más técnico.

En un principio la idea inicial residía en realizar la documentación de una cueva, independientemente de su importancia, por el hecho de trabajar con un láser-escáner en condiciones adversas: humedad, poco espacio, falta de luz...

Por fortuna y casualidades de la vida, el desconocimiento del terreno y la falta de previsión (acudir sin información de cómo llegar), desencadenó en el hallazgo de unas nuevas pinturas rupestres en el municipio de Ojos Albos. Dicho hallazgo proporcionó la oportunidad de seguir la línea de trabajo con láser-escáner para su documentación, acompañado de técnicas fotográficas y fotogramétricas.

Este proyecto se desarrolla en la línea de documentación de abrigos naturales o cuevas, con una importancia relevante, persiguiendo fines de documentación del estado actual y mostrar una línea de divulgación de estos elementos de patrimonio cultural.

INDICE

MEMORIA

1- INTRODUCCIÓN	8
1.1 Descripción del Proyecto	9
1.2 Objetivos del Proyecto	9
1.3 Descripción del yacimiento	10
1.4 Emplazamiento del yacimiento	11
2- TOMA DE DATOS EN CAMPO	12
2.1 Instrumentación empleada	13
2.2 El proceso seguido en la toma de datos	14
2.2.1 Toma de datos con láser escáner 3D	14
2.2.2 Toma de datos GPS	16
2.2.3 Toma de fotografías con cámara fotográfica digital	16
· Documentación de las pinturas	17
· Toma de datos para realizar la visita virtual del yacimiento	17
3- EDICIÓN DE LOS DATOS EN GABINETE	19
3.1 Procesamiento de datos láser	20
3.1.1 Procesado de los datos brutos y alineamiento de las tomas	20
3.1.2 Alineamiento de las tomas y generación del modelo del yacimiento	22
3.1.3 Depuración del modelo	23
3.1.4 Definición del Sistema de Coordenadas global	24
3.1.5 Exportación de los datos a formatos de intercambio de datos láser	25
3.1.6 Generación de planos técnicos a partir del modelo de nube de puntos	25
· Generación de la Ortofoto de la planta del Yacimiento	26
· Generación del Ortoalzado del Yacimiento	26
· Generación de la planta vectorial del yacimiento	27

3.2 Procesamiento de datos GPS	30
3.2.1 Generación de rutas, tracks y análisis del recorrido	30
3.2.2 Completar la guía de acceso y localización al yacimiento	31
3.3 Procesamiento de las Imágenes digitales	34
3.3.1 Distorsiones, causas y corrección	34
3.3.2 Tratamiento de imágenes en el espectro visible y ultravioleta	37
· Espectro visible	37
· Ultravioleta	38
3.3.3 Extracción de características y clasificación de las imágenes partiendo de imágenes RAW	38
3.3.4 Rectificación de las imágenes	45
3.3.5 Análisis dimensional de los pigmentos	46
3.4 Desarrollo de la visita virtual del yacimiento	48
3.4.1 Creación de imágenes y panoramas	48
3.4.2 Montaje de la animación en “Tourweaver 4.00”	49
· Configuración de la pantalla de inicio de la aplicación.	49
· Configuración del interface y el contenido de la aplicación.	50
· Configuración de croquis de desplazamiento.	52
· Configuración de Radares y Hotspots.	52
4- RESULTADOS OBTENIDOS Y CONCLUSIONES	54
5- BIBLIOGRAFÍA	55
6- AGRADECIMIENTOS	56

ANEXOS

1. Faro Photon	58
2. Garmin HCx Etrex Vista	60
3. Nikon D-200	61
4. Nikon D-90	63

PLANOS

1. ORTOIMAGEN DEL YACIMIENTO
2. ALZADO FARALLÓN PRINCIPAL
3. PLANTA DEL YACIMIENTO
4. MURAL PIGMENTOS ZONA A
5. MURAL PIGMENTOS ZONA B
6. MURAL PIGMENTOS ZONA C

MEMORIA

1 INTRODUCCIÓN

En este apartado se resume la evolución de los distintos trabajos desarrollados en el yacimiento, incluyendo como trabajos, desde la planificación hasta la toma de datos. La disponibilidad de equipos y fechas ha limitado la elección de días, lo cual dificulta en cierta medida una planificación previa correcta.

1.1 Descripción del Proyecto

Este proyecto, iniciativa del autor, tiene como finalidad **documentar las pinturas rupestres descubiertas en Ojos Albos**, de una manera no destructiva aprovechando la tecnología disponible en la escuela Politécnica Superior de Ávila y los conocimientos en el campo de la fotografía del alumno.

El trabajo se realiza en el marco de proyectos fin de máster, regulado por la normativa de la Universidad de Salamanca y está prevista una cesión de los datos, recogidos en este y otros documentos anexos, a la Junta de Castilla y León, para el empleo y estudio del yacimiento, en condiciones que se regularán por escrito.

Este documento aborda las distintas tareas realizadas durante la documentación del yacimiento, desde la generación de un plano partiendo de los datos obtenidos con el **láser-escáner 3D**, hasta **documentación fotográfica** de los pigmentos que se encuentran en las rocas.

El estado de conservación de las pinturas es desgraciadamente malo, debido sobre todo al lugar donde se encuentran, abrigos de roca naturales expuestos a las condiciones ambientales.

1.2 Objetivos del Proyecto

Los objetivos del proyecto están directamente relacionados con la conservación, el poder realizar posteriores estudios y dejar registrado el yacimiento en su estado de conservación, de cara a situaciones futuras que pudieran alterar el estado actual del lugar.

Como productos derivados de este trabajo se obtendrán un modelo tridimensional del yacimiento en varios formatos, siendo uno de ellos ASCII. Se extraerá una planta y un ortoalzado de la pared principal, así como un conjunto de secciones que cortarán en el plano Z el modelo tridimensional, obteniendo un conjunto de ficheros DXF, interesante por sus características. Se trabajará en el área de la fotografía para extraer un calco de los pigmentos y se realizará un tour virtual que visite las diferentes áreas con pinturas rupestres.

Durante los desarrollos de diferentes procesos de tratamiento de datos se emplean varios programas de libre uso, pero por falta de herramientas libres suficientemente desarrolladas, me he visto obligado a utilizar software privado proporcionado por la Universidad Politécnica Superior de Ávila, e incluso en algunos casos recurrir a licencias de evaluación o temporales de ciertos productos.

1.3 Descripción del yacimiento

El yacimiento tiene pinturas rupestres en tres puntos distintos identificados posteriormente en este proyecto como zona A, B y C.

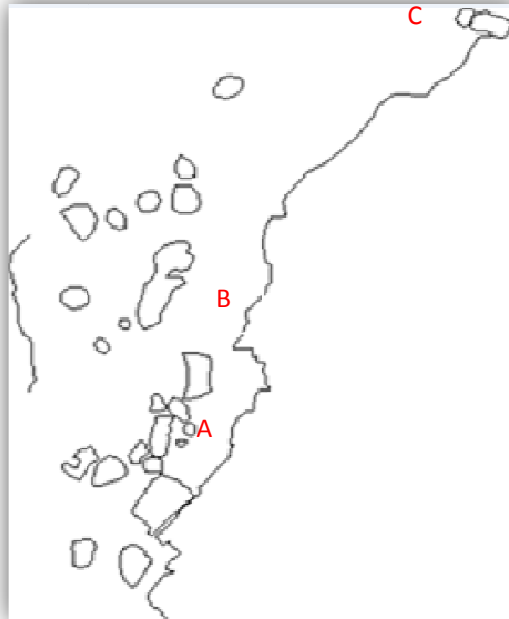


Imagen 1. Croquis del Yacimiento.

La **zona A** se encuentra dentro de un recinto oval delimitado por grandes rocas, y sus accesos están claramente “cerrados” por la acción humana. Las pinturas de la zona A se encuentran en una laja lisa de una de las paredes interiores del recinto descrito y están repartidas anárquicamente sobre este plano. Este punto presenta cierto desplome lo cual pudiera favorecer en alguna medida la conservación de las pinturas por resguardarlas de la acción directa de la lluvia sobre los pigmentos.

La **zona B** se encuentra fuera del recinto cerrado comentado anteriormente y están situadas en un abrigo rocoso con techo, lo cual protege las pinturas de las inclemencias del tiempo. La proliferación de líquenes en este abrigo ha sido mayor, seguramente debido a la protección que el techo ejerce contra la lluvia, pero que permite que el agua discurra por la pared manteniendo un alto grado de humedad sobre la roca.

La **zona C**, que cuenta con solo dos pinturas registradas, no muestra líquenes ni otros elementos dañinos en la roca, pero su exposición directa a las inclemencias del tiempo puede haber provocado la pérdida de otras pinturas que se encontrasen en las inmediaciones.

1.4 Emplazamiento del yacimiento

El área de estudio se encuentra emplazada en la provincia de Ávila, concretamente en el municipio de Ojos Albos. El Yacimiento se encuentra a 3 kilómetros del centro del pueblo siguiendo una pista forestal y está situado en la ladera noroeste del Cerro de la Cabra o Peña Mingubela.



Imagen 2. Situación del yacimiento, en el Cerro Mingubela.

El acceso se ha de hacer a pie o bien con un vehículo 4x4, ya que la pista no está en condiciones de circular con turismos. La aproximación desde el pueblo hasta el yacimiento son unos 30 minutos caminando, algo más de 3 km.

2 TOMA DE DATOS EN CAMPO

En este apartado se resume la evolución de los distintos trabajos desarrollados en el yacimiento, incluyendo como trabajos, desde la planificación hasta la toma de datos. La disponibilidad de equipos y fechas ha limitado la elección de días, lo cual dificulta en cierta medida una planificación previa correcta.

2.1 Instrumentación empleada

En la siguiente lista se numera el material utilizado para realizar la toma de datos en campo:

- Láser-Escáner Faro Photon 80
- Gafas de protección láser
- Batería
- Trípode
- Base niveladora
- Generador eléctrico
- Juego de 5 esferas de alineación
- Ordenador Portátil con el software “FARO Scene”
- Estructura de acoplamiento cámara-escaner
- Cables de conexión
- Cámara fotográfica Nikon D-200
- Objetivo Nikkor 10.5 mm (Ojo de Pez)
- Cámara fotográfica Nikon D-90
- Objetivo Nikkor 28-80 mm
- Trípode Atlantic-Delta
- Trípode Manfroto profesional
- Rótula panorámica Manfroto
- Filtros fotográficos
- Lámpara rayos ultravioleta
- Navegador Garmin HCX Vista



Imagen 3. Escáner-láser con sus complementos.

En los anexos se encuentran las características técnicas del instrumental empleado.

2.2 El proceso seguido en la toma de datos

En este apartado se describen los procesos seguidos en la toma de datos en campo durante las tres jornadas empleadas para ello.

En una primera visita al yacimiento se ha procedido a confirmar la autenticidad del hallazgo y se ha estudiado la manera más adecuada de documentarlo. Al tratarse de pinturas rupestres, el calco tradicional tiene el inconveniente de perder cierta información que nos oculta la hoja de calco, además de obtener una interpretación particular de la persona que realiza el calco. Por ello se ha optado por emplear técnicas fotográficas y un registro del yacimiento mediante láser-escáner para documentar la forma y la orografía del terreno, y generar la planta y alzados del entorno.

Además, se lleva a cabo una toma de datos empleando un navegador GPS, con la intención de generar un track que describa la ruta a seguir para acceder al lugar.

2.2.1 Toma de datos con láser escáner 3D

Para llevar a cabo la toma de datos láser, en primer lugar se realiza la planificación de los estacionamientos del láser-escáner para poder cubrir el mayor espacio con el menor número posible de escaneos, y planificar la distribución y desplazamiento progresivo de las cinco esferas que se utilizarán para llevar a cabo la alineación de los escaneos. Este paso es de gran importancia ya que al tratarse de una zona de rocas sumamente irregular, no existen planos u objetos de referencia bien definidos que puedan servir para llevar a cabo el posterior proceso de alineamiento de las tomas. Por ello es importante colocar las esferas en puntos estratégicos para este fin.

Entre dos escaneos consecutivos al menos tres esferas serán comunes para garantizar un alineamiento correcto. La escasez de esferas dificultó en gran medida la planificación que finalmente quedó distribuida como se muestra en el gráfico adjunto:



Imagen 4. Gráfico de localización de las esferas.

En total se realizaron once escaneos, seis de ellos dentro del recinto elipsoidal, dos más en la zona norte donde se encuentra otro pequeño abrigo con más pinturas y otros dos en la zona oeste, fuera del recinto, para delimitar correctamente el yacimiento.



Imagen 5. Montaje del escáner-láser.

El último escaneo se realizó desde lo alto del farallón de roca, de forma que quedasen registradas las piedras desde un ángulo lo más cenital posible, siendo la distribución final de las estaciones de escaneo la que se muestra en la siguiente imagen:

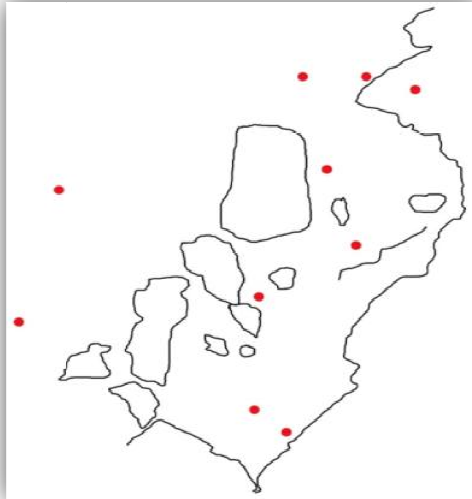


Imagen 6. Gráfico de escaneos.

Durante el proceso de escaneo el instrumento se comunica con el usuario a través del programa FARO Scene, mediante el cual el usuario configura los parámetros de escaneo y el instrumento da las órdenes necesarias, tales como desplazar la cámara o subir/bajar el trípode. Todos los escaneos fueron realizados con color, con un área de escaneo de 360° y una resolución de $\frac{1}{4}$, equivalente a un punto cada seis milímetros a diez metros de distancia.

En los puntos donde se encuentran las pinturas el escáner se colocó a escasos tres metros de las mismas, por lo que la cantidad de puntos en esas zonas es aproximadamente un punto por cada medio milímetro.

2.2.2 Toma de datos GPS

Con el fin de generar un itinerario para llegar de una forma guiada hasta el yacimiento, se ha utilizado un navegador de mano, que trabajando en modo diferencial obtiene unas coordenadas con un error aproximado de 3 metros en el plano X-Y.

Se encendió el navegador en el centro del pueblo y se realizó el itinerario grabando segundo a segundo la posición tridimensional del receptor.

2.2.3 Toma de fotografías con cámara fotográfica digital

Aparte del registro mediante escáner, se empleó una cámara digital Nikon D-90 para documentar las pinturas gráficamente tomando imágenes RAW, además de instantáneas para generar una visita virtual.

· Documentación de las pinturas

En la toma de fotografías realizada para documentar las pinturas se colocaron dianas de puntería sobre la roca, cubriendo las zonas donde hay pinturas rupestres, para poder rectificar las imágenes tomadas utilizando las dianas como puntos de apoyo de coordenadas conocidas. Con las imágenes rectificadas podremos hacer mediciones sobre las mismas, identificando así las dimensiones reales de los pigmentos.

La colocación de las dianas se realizó antes de llevar a cabo el proceso de escaneo del yacimiento, de forma que las dianas también fueron documentadas en el proceso de toma de datos láser, y de esta manera poder consultar las coordenadas tridimensionales de las mismas en el modelo de nube de puntos del yacimiento.



Imagen 7. Pigmentos acompañados de dianas de puntería.

Las fotografías de las pinturas fueron tomadas de la forma más perpendicular posible a la pared, situando el objetivo en la posición de 28mm, con prioridad a la apertura, con aperturas en torno a f/9 para garantizar un enfoque correcto en cualquier punto de la imagen, velocidades de disparo en función de la iluminación del momento, profundidad de 48 bits y unas dimensiones de imagen de 2856x4340. Para todas las imágenes fue necesario el uso de trípode ya que las exposiciones fueron en su mayoría por debajo de 1/60 segundos.

· Toma de datos para realizar la visita virtual del yacimiento

Además de las fotografías de las pinturas rupestres, se tomaron también fotografías cubriendo los 360° del entorno en distintos puntos del yacimiento para realizar un recorrido virtual del mismo.

Para ello se tomaron trece fotogramas por estación (seis con la cámara a 0° respecto de la horizontal, seis a 45° y una última del cenit), en un total de ocho estaciones, utilizando un objetivo de tipo “ojo de pez”. Estas fotografías se utilizarán para generar ocho imágenes esféricas que cubren todo el escenario, permitiendo completar la visita virtual del yacimiento.



Imagen 8. Fotografía esférica en el yacimiento, zona A.

3 EDICIÓN DE LOS DATOS EN GABINETE

En los siguientes puntos recorreremos distintos programas informáticos para generar con cada uno de ellos los productos derivados descritos en el apartado de los objetivos del proyecto. Debido a que describir como se han logrado los distintos productos no se encuentra entre los objetivos principales del proyecto, simplemente se hará un pequeño resumen de los aspectos considerados más relevantes para acompañar a la documentación de las pinturas.

3.1 Procesamiento de datos láser

3.1.1 Procesado de los datos brutos y coloreado de las tomas

Una vez realizada la toma de datos en campo, se descargan los ficheros para poder procesar los datos brutos mediante el software específico de la marca FARO, “FARO SCENE”. Estos datos consisten en diferentes conjuntos de puntos tridimensionales orientados aleatoriamente, así como fotografías sacadas por la cámara acoplada al escáner, con el sensor de imagen en la misma posición exacta que el centro del espejo del rayo láser que registra las coordenadas de los puntos medidos. Este detalle es muy importante, ya que de esta manera el software será capaz de colorear las nubes de puntos con la información extraída de los píxeles de las fotografías de forma automática.

Las nubes de puntos en bruto contienen cierta información errónea (ruido) que es necesario eliminar como primer paso del proceso de edición. Al realizar el escaneo, el láser mide ciertos puntos dispersos que, mediante un filtro interno del software, es posible minimizar.

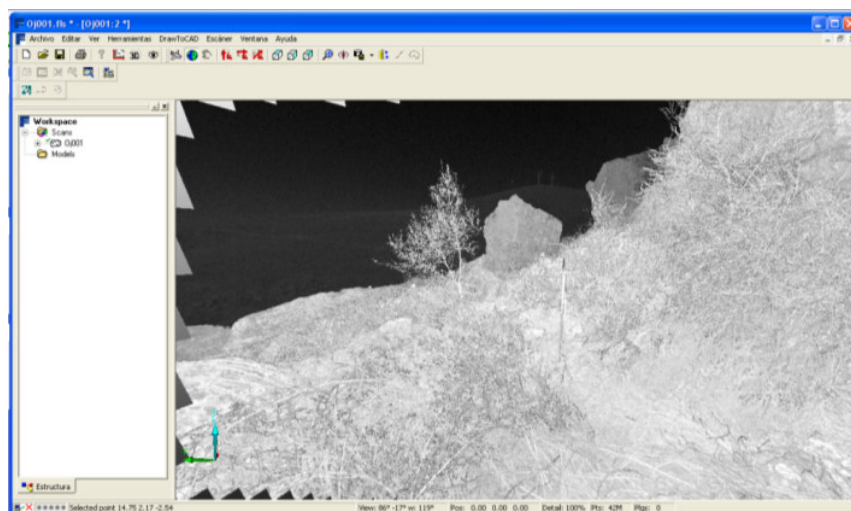


Imagen 9. Nube de puntos sin filtrar.

Como podemos observar en la imagen superior, encontramos puntos en la lejanía de la imagen planar del escaneo, donde podemos ver los montes en el fondo y las siluetas de molinos de viento. Estos datos tan lejanos del entorno de interés no hacen más que engrosar el volumen de datos del fichero y complicar su manipulación. Por ello han de ser eliminados antes de comenzar a procesar cualquier dato mediante un filtro.

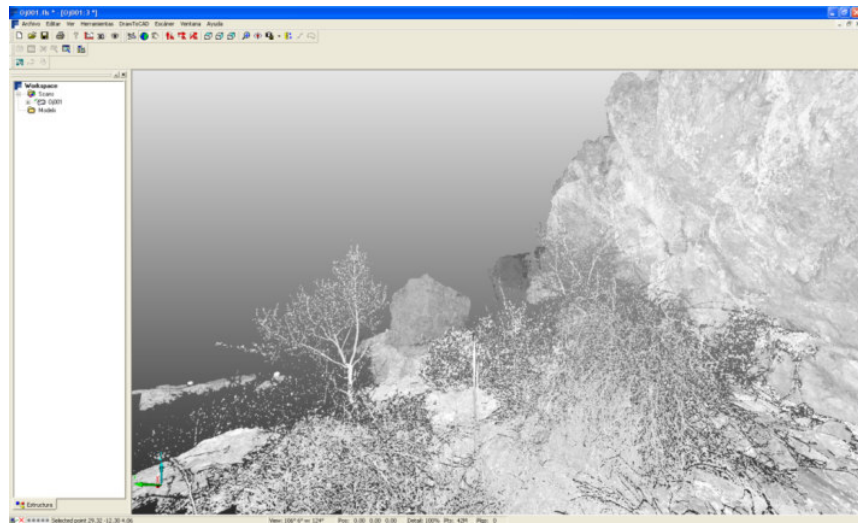


Imagen 10. Nube de puntos filtrada.

Una vez filtrados los puntos, seleccionamos las imágenes asociadas a la nube de puntos cargada y procedemos a aplicar el color que aportan las imágenes a los puntos que conforman el escaneo.

Al haber tomado las imágenes en el mismo proceso de escaneo, el programa cuenta con los datos necesarios (tales como la orientación de cada imagen) para poder proyectarlas sobre la nube de puntos sin necesidad de definir ningún punto homólogo o referencia por parte de usuario. De esta forma, el programa asigna a cada punto medido el color del pixel que le corresponde en la fotografía tomada.

El resultado será una nueva nube de puntos con color. En este momento podemos eliminar las imágenes asociadas a la nube, consiguiendo reducir en gran medida el tamaño del fichero.

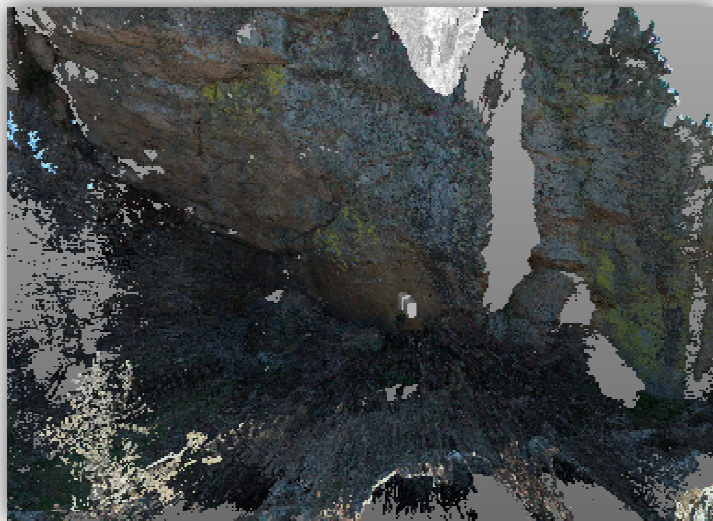


Imagen 11. Escaneo coloreado.

3.1.2 Alineamiento de las tomas y generación del modelo del yacimiento

El siguiente paso ha consistido en alinear las distintas tomas que forman el modelo completo del yacimiento, localizando y definiendo para ello los objetos de referencia comunes (esferas y planos) en las diferentes tomas.

El programa cuenta con una herramienta que detecta e identifica automáticamente las esferas que coinciden en los diferentes escaneos, de forma que el proceso posterior de registro de las diferentes nubes de puntos es prácticamente automático. Los resultados del ajuste se muestra mediante un icono con la bondad del ajuste: Rojo-mal ajuste, Amarillo-ajuste con discrepancias, Verde- muy buen ajuste.

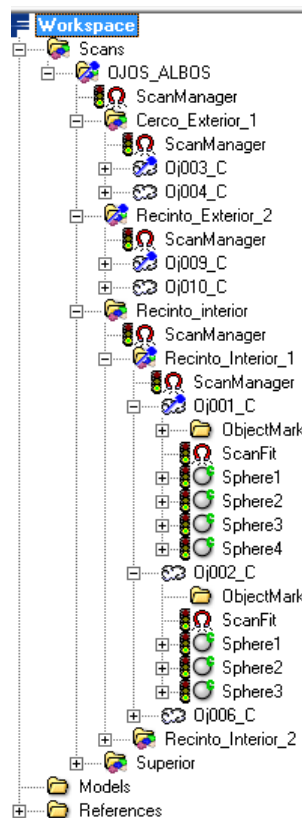


Imagen 12. Bondad del Ajuste, todos los iconos se encuentran en verde (buen ajuste).

El ordenador no cuenta con memoria suficiente para abrir más de uno de los escaneos realizados a resolución completa (42 millones de puntos por escaneo). Por ello, para poder alinear todas las tomas, se han creado unas nubes de puntos reducidas que permiten visualizar el modelo en su conjunto. Después de la alineación de éstas, se han extraído los parámetros de transformación (posición y rotación) de cada nube de puntos para aplicarlos posteriormente a las nubes originales de máxima resolución.

Los parámetros de transformación obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Nombre	X	Y	Z	W	PI	K
Oj001	-25,15208	26,01128	0,16419	358,62557	1,469731	329,459238
Oj002	-21,91657	27,04769	0,21796	0,476559	359,17561	306,971758
Oj003	6,39136	29,16288	-7,00383	0,046225	359,945941	307,59064
Oj004	-2,95305	39,55445	-8,77745	0,256432	0,842989	347,085119
Oj006	-12,32902	20,47976	-0,8895	358,111352	358,824979	288,406445
Oj007	-12,65263	10,43289	1,30229	0,089245	359,967896	138,19916
Oj008	-4,81221	8,42264	0,54404	357,713609	0,384234	6,253694
Oj009	1,27174	0,38256	0,01405	357,608534	2,739243	6,37974
Oj010	4,29831	4,94567	-1,29269	359,268396	359,037505	256,290059
Oj011	-0,59013	-1,58446	12,20967	358,345237	0,020537	231,3762

Tabla de parámetros globales de cada toma láser.

3.1.3 Depuración del modelo

Alineadas las nubes de puntos, tenemos un modelo tridimensional del entorno documentado. El problema reside en el gran tamaño de este modelo debido, sobre todo, a la redundancia de puntos existentes. Muchas zonas escaneadas son comunes desde los distintos escaneos realizados, por lo que podemos simplificar las nubes de puntos eliminando los puntos redundantes de los escaneos más lejanos. Con ello además de reducir el tamaño de los ficheros, generamos un modelo mucho más ágil, limpio y manejable. Otra mejora aplicada al efecto ha sido la eliminación de zonas sin interés de los escaneos (cielos, zonas lejanas, etc.).

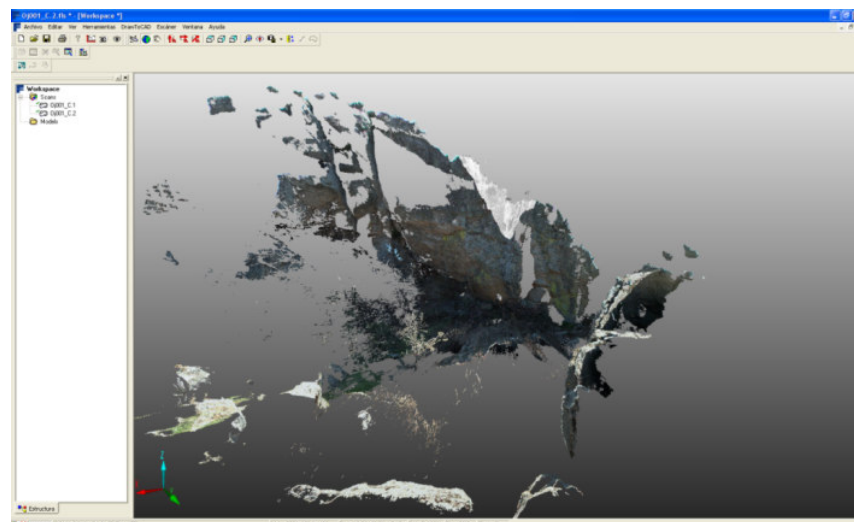


Imagen 13. Nube depurada.

Depuradas las nubes de puntos se ha logrado un modelo que reducido a la mitad nos permite cargar la totalidad de los escaneos a resolución completa en el programa “FARO Scene”. Este modelo permite encontrar, si existen, errores o incongruencias entre las diferentes alineaciones, o si alguna de las nubes se encuentra girada respecto a sus adyacentes. Esta comprobación se ha realizado en el programa Point Tools, ya que éstos permite una visualización más ágil y clara del conjunto del modelo.

3.1.4 Definición del Sistema de Coordenadas global

Los escaneos una vez orientados entre sí, se han colocado en su posición en coordenadas absolutas aproximadas. Se ha utilizado un sistema de coordenadas relativo, muy próximo a las coordenadas ETRS89. Para ello se han extraído de una ortoimagen, en coordenadas ETRS89 y proyección UTM, las coordenadas de tres puntos fácilmente identificables en los escaneos y se ha llevado a cabo dos traslaciones y una rotación de todo el conjunto de escaneos. El dato de la altura se ha obtenido interpolando entre curvas de nivel de la cartografía existente.

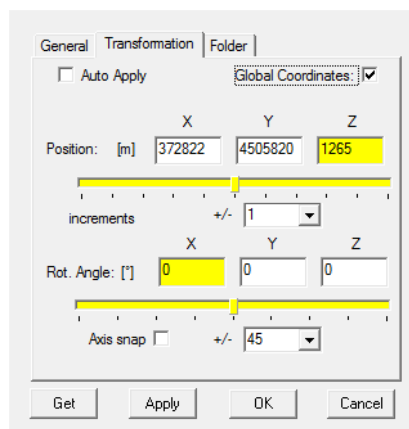


Imagen 14. Traslaciones del conjunto de escaneos.

Esta aproximación de coordenadas con errores submétricos, se ha estimado suficiente para este trabajo. En caso de desear una precisión mayor, sería necesario dar puntos con coordenadas tridimensionales desde vértices geodésicos cercanos o emplear técnicas GPS para definir objetos de referencia globales que permitan llevar a cabo el registro de los escaneos en coordenadas absolutas.

· Generación de la Ortofoto de la planta del yacimiento

El procedimiento para generar la ortofoto ha consistido en importar el modelo de nube de puntos en Trimble RealWorks, colocar la vista ortogonal superior y crear una imagen con los puntos coloreados mediante la herramienta de ortoproyección del programa.

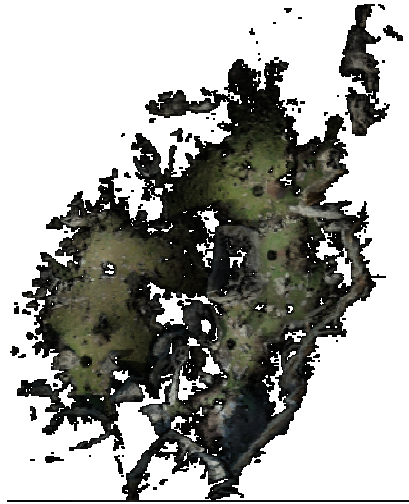


Imagen 16. Ortofotografía del yacimiento.

Esta imagen va acompañada de un fichero ASCII de georreferenciación en coordenadas absolutas, en las cuales se indican las coordenadas de las cuatro esquinas de la ortofotografía.

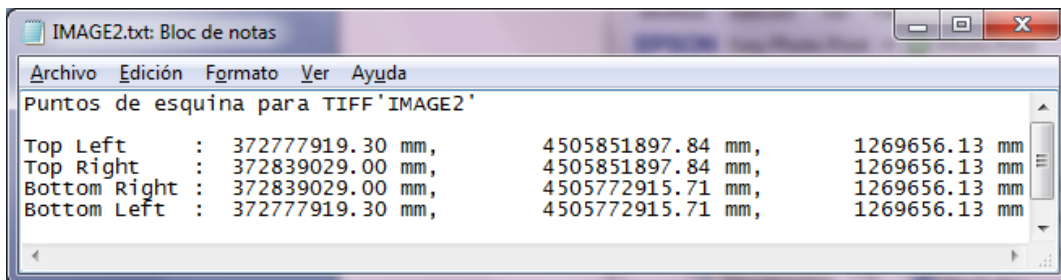


Imagen 17. Fichero de georreferenciación de la ortoimagen

· Generación del Ortoalzado del yacimiento

El Ortoalzado se ha creado en la pared principal del yacimiento, donde podemos apreciar la zona A y B con pinturas y la magnitud del farallón rocoso donde se encuentran. El proceso seguido para su obtención ha sido similar al seguido en la creación de la ortofoto de la planta, ya que se ha realizado utilizando el mismo programa, pero en este caso situando el plano de proyección paralelo al farallón que deseamos obtener.



Imagen 18. Ortoalzado del farallón principal.

Con el fin de evitar puntos que entorpezcan la visión del ortoalzado ha sido necesario eliminar de antemano el conjunto de puntos del modelo que no son de interés.

La ubicación en el espacio de esta imagen, al igual que la anterior, se realiza mediante un fichero ASCII que en este caso no tiene una coordenada Z continua, si no que se encuentra orientado en el espacio tridimensional.

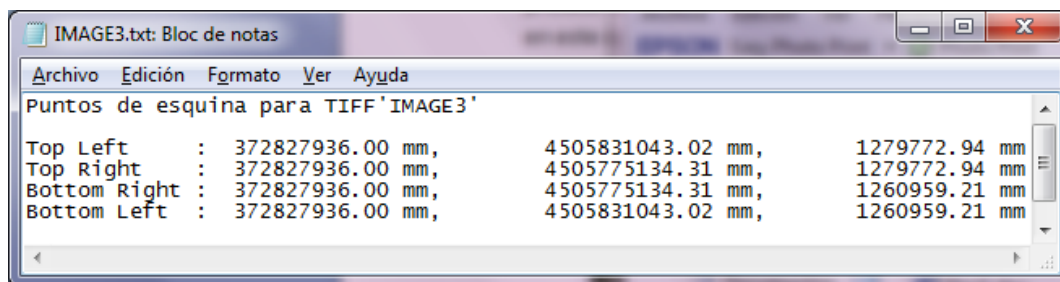


Imagen 19. Coordenadas XYZ de las esquinas del ortoalzado creado.

· Generación de la Planta vectorial del yacimiento

Para generar la Planta vectorial del yacimiento se ha utilizado como base la Ortofoto de la planta creada anteriormente, además de diferentes secciones del modelo de nube de puntos del yacimiento para delimitar las diferentes rocas y sus formas.

Para crear las secciones del modelo de nube de puntos, tomando como base de datos el fichero exportado en formato ASCII, importamos los puntos con el programa "Trimble RealWorks 6.5" y a continuación lo guardamos con el formato propio del programa, "*.rwp". Con esto hemos conseguido minimizar el volumen de datos de 2,3 gigabytes a menos de un gigabyte, lo cual nos permitirá un manejo mucho más fácil y cómodo.

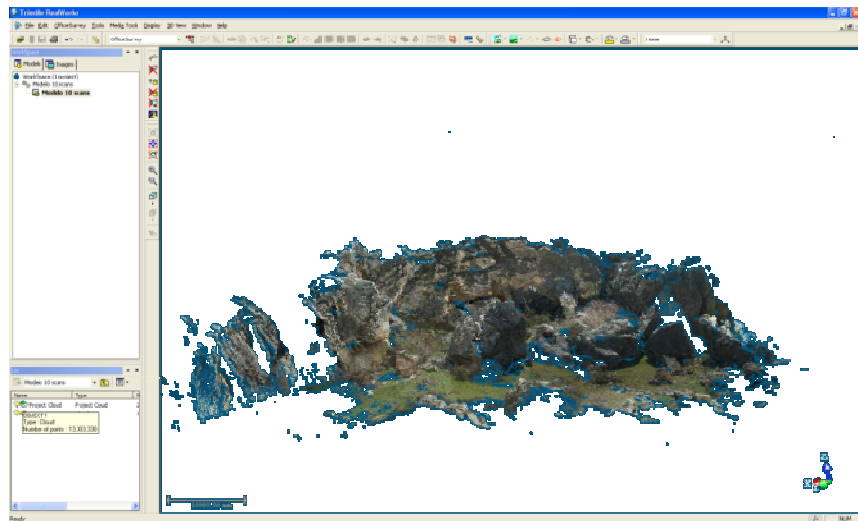


Imagen 20. Modelo tridimensional de puntos.

Para realizar las secciones de la nube de puntos se ha utilizado una herramienta que proporciona el programa, y que nos permite cortar el escaneo en distintas “rodajas”. La herramienta se denomina “plano de corte”, y con ella realizamos secciones de todo el modelo a distintas alturas.

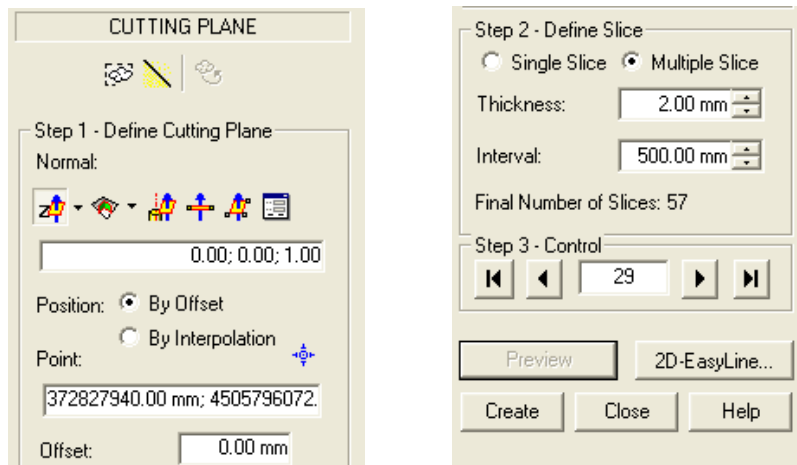


Imagen 21. Herramienta plano de corte.

Se han realizado cortes en el sentido del eje Z de toda la zona escaneada, con un intervalo de 50cm y un grosor de sección de 2cm, y se han exportado en formato DXF para poder abrirlos con AutoCad. El resultado se muestra en la siguiente imagen:

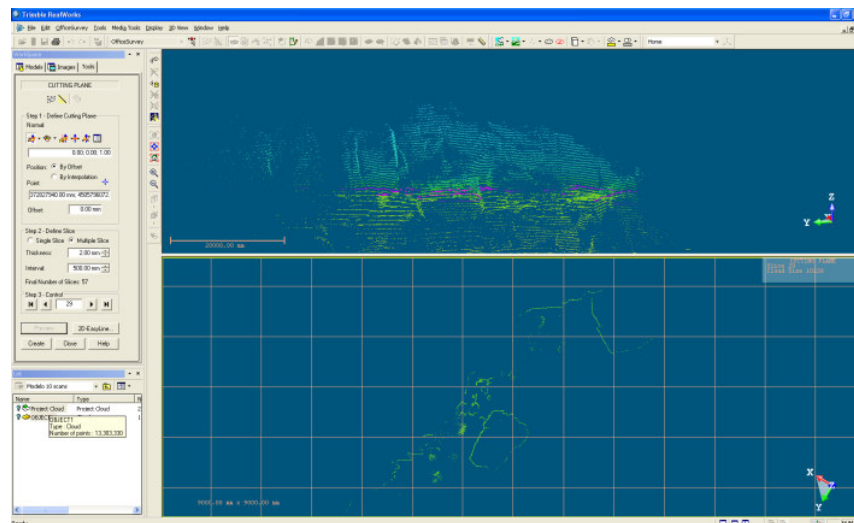


Imagen 22. Modelo seccionado en 57 cortes, la imagen muestra el corte nº29.

Con estos datos y la Ortofoto de la planta del yacimiento incorporados en AutoCad, en coordenadas absolutas y, por lo tanto, con las informaciones superpuestas, se ha confeccionado la planta vectorial del yacimiento, dibujando las polilíneas que contornean las diferentes geometrías de las rocas escaneadas.

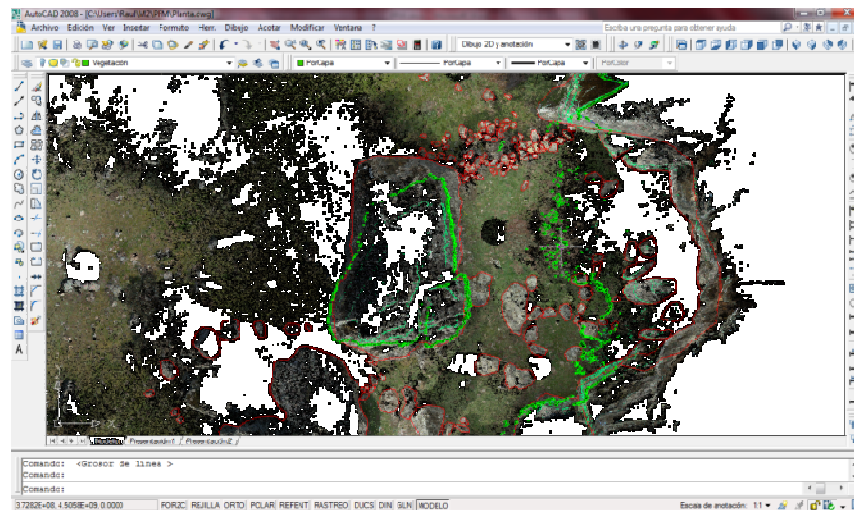


Imagen 23. En verde capas de puntos a una determinada cota.

En algunos puntos con desplomados se representan dos líneas: una con la parte de arriba de la cornisa y otra a media altura donde se encuentran las pinturas (esta última con trazos discontinuos). También se debe mencionar que algunas rocas no registradas por el escáner por encontrarse ocultas detrás de setos u otras rocas de mayor tamaño, se han dibujado diferenciándolas con otro color. Estas consideraciones se informan en la leyenda del mapa.

3.2 Procesamiento de datos GPS

3.2.1 Generación de rutas, tracks y análisis del recorrido

El programa elegido para generar estos ficheros ha sido “Compe Land”. Con este software descargamos el track registrado segundo a segundo por el navegador GPS de mano, y por medio de herramientas propias del programa realizamos el procesado de los datos.

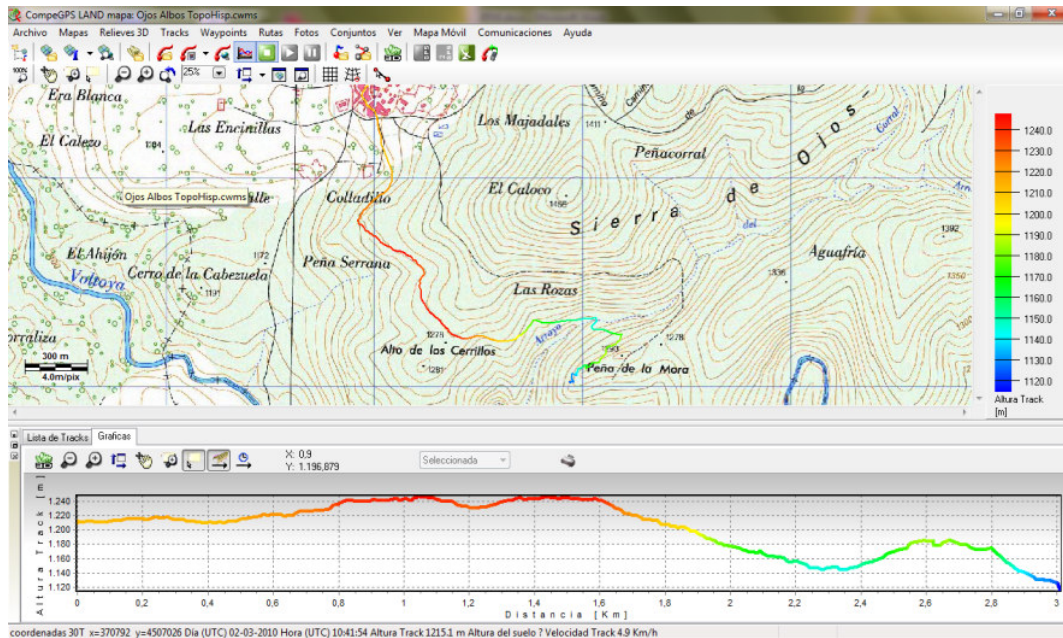


Imagen 24. Track degradado por alturas con mapa topográfico de fondo.

De todos los puntos registrados se ha hecho una selección de los puntos de paso en el recorrido, cruces y puntos singulares, con el fin de reducir al máximo el fichero y poder eliminar información redundante de cara a utilizar los ficheros en navegadores. Estos ficheros de rutas se encuentran en formato “*.gpx” y “*.rte”. Por otro lado, también se han extraído los tracks completos en formatos “*.gpx” y “*.trk”, ya que estos aportan información referente a la duración del recorrido, el desnivel, pendientes y datos similares que la versión reducida no contiene.

El sistema de referencia elegido es ED-50, en proyección UTM huso 30, debido a que la cartografía disponible de la zona se encuentra, en su mayoría, en este sistema de referencia.

La forma de utilizar esta información es, o bien introduciéndola en nuestro navegador para seguir el recorrido marcado, o introduciendo el fichero de track completo “*.gpx” en “Google Earth” para que nos muestre el itinerario. Mediante esta sencilla aplicación podemos navegar en 3 dimensiones pudiendo contemplar el recorrido que deberemos realizar.

3.2.2 Completar la guía de acceso y localización al yacimiento

En este apartado se realiza una pequeña guía informativa de cómo acceder al yacimiento. Se complementa el paso anterior con una colección de imágenes aclaratorias y notas informativas del recorrido.

Ojos Albos – Yacimiento Pinturas Rupestres

En primer lugar atravesamos Ojos Albos de Norte a Sur por la calle de la Iglesia y llegaremos al comienzo de una pista con una valla verde. Detrás de la valla se encuentra un cartel que indica la dirección de las pinturas rupestres conocidas hasta ahora, situadas aproximadamente a 500 metros de nuestro destino.



Esta pista tiene dirección Sur, no confundir con otra que parte en dirección Este y que sube al parque eólico de “Los Altos del Voltoya”.

Una vez atravesada la valla, continuar sin abandonar la pista durante 1,75 kilómetros bordeando la montaña sin ganar excesiva altura.



Recorridos estos 1,75 kilómetros llegaremos a una valla. Este punto es de vital importancia ya que nos muestra visualmente nuestro destino. Mirando al Sur-Este desde esta valla podemos observar el cerro de la Cabra o Peña Mingubela.



Continuaremos por la pista que baja hasta el “Arrollo del Corral Hondo” y atravesando el río ascenderemos por la pista que sube al Cerro de la Cabra.



Una vez en la parte más alta del Cerro de la Cabra debemos bajar a los abrigos rocosos que observábamos desde la pista forestal a la altura de la segunda valla. Para bajar a este punto lo más recomendable es bordear por el Sur del Cerro o perder altura caminando hacia el Norte y una vez en la parte de debajo de abrigo, caminar en dirección Suroeste.

3.3 Procesamiento de las imágenes digitales

Este apartado describe los aspectos relacionados con la fotografía, desde los parámetros de la cámara y el objetivo utilizados hasta el tratamiento de imágenes y su posterior análisis.

Los programas utilizados en esta fase del proyecto para completar las diferentes tareas son Imagen Mater, Nikon Capture NX y Photoshop CS.

3.3.1 Distorsiones, causas y corrección

Las lentes de las cámaras fotográficas, tanto comunes como profesionales, provocan ciertas distorsiones al generar la imagen en la película o sensor. Estas distorsiones se producen por construcción y en gran medida dependen de la calidad de las lentes. Las distorsiones que encontramos se dividen en dos tipos: distorsiones geométricas y distorsiones cromáticas. Las distorsiones geométricas pueden ser a su vez distorsiones radiales o tangenciales y las **distorsiones radiales** pueden ser de barril o de cojín. Veamos un ejemplo de cada una de ellas:

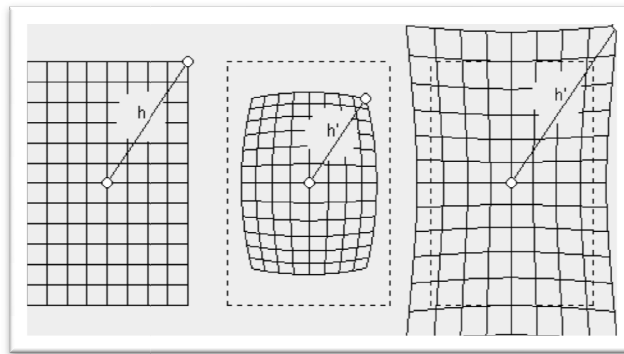


Imagen 29. Izquierda sin distorsión, centro distorsión de barril y derecha distorsión de cojín.

Las **distorsiones cromáticas** también llamadas aberraciones cromáticas, son un tipo de distorsión que modifica el color real de los objetos. Estas distorsiones no se pueden corregir. Pueden ser producidas por la calidad de la lente, el material de construcción e incluso por el ángulo de incidencia de los rayos del sol u otra fuente de luz sobre el objetivo. Se pueden minimizar sus efectos empleando parasoles acoplados al objetivo en el último de los casos.

Para corregir las distorsiones geométricas, procedemos en primer lugar realizando una **calibración del objetivo**.

En el mercado existen gran cantidad de programas y diferentes técnicas de calibración de cámaras. El software elegido en este caso ha sido “Image Master”. Este programa contiene un módulo específico para la calibración de objetivos y la obtención de los parámetros de distorsión radial, tangencial y punto principal de la imagen.

El procedimiento seguido se explica a continuación:

1. Impresión de malla de calibración distribuida por el software de calibración.

El programa conoce los parámetros geométricos existentes entre los diferentes puntos de la malla y realiza una comparación con los obtenidos en la imagen tomada por el sensor fotográfico.

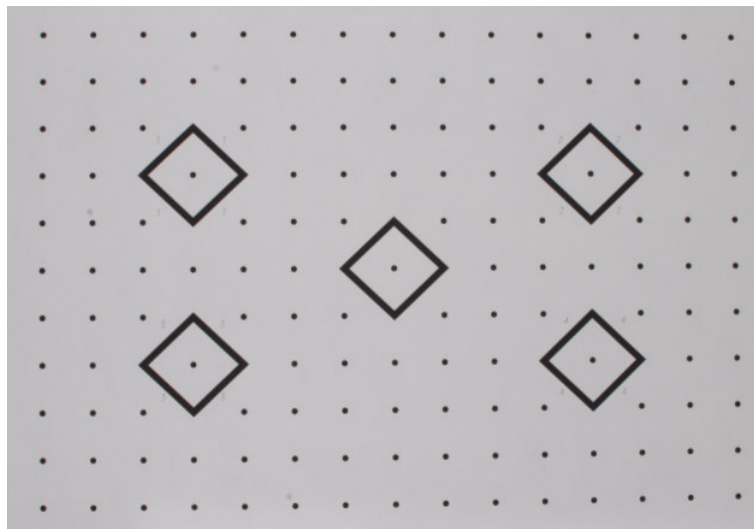


Imagen 30. Malla de calibración del objetivo.

2. Fotografiado de la malla

Se necesitan al menos cinco fotogramas tomados desde distintas posiciones para poder resolver el modelo matemático de distorsión.



Imagen 31. Fotografías para la calibración del objetivo.

3. Procesado de las imágenes

Introducimos ciertos datos solicitados por el programa (nombre de la cámara, distancia focal...) y procesamos automáticamente. El programa localiza los diferentes puntos de la malla de calibración así como los cuatro puntos de control distribuidos en ella. Si las

fotografías han sido realizadas correctamente, siendo capaz de reconocer los puntos necesarios para generar el modelo, el programa generará un informe con los datos asociados al objetivo de estudio.

The screenshot shows the 'Lens Distortion' application window. It features a 'Camera File Name' field with a path, a 'Display Scale (Lens Distortion)' dropdown set to '4', and buttons for 'Current Camera File', 'Other Camera File', 'Print', and 'OK'. A central grid displays a red distorted grid and a white ideal grid. To the right, the 'Interior Orientation Parameters' section includes fields for Focal Length (28.199479 mm), Principal Point Xp (11.855891 mm), and Principal Point Yp (7.745373 mm). Below this, the 'Lens Distortion Parameters' section lists Radial Distortion K1 (0.0001683413), Radial Distortion K2 (-2.31451e-008), Tangential Distortion P1 (-3.448157e-005), and Tangential Distortion P2 (1.783191e-005). The 'Pixel Size' section shows Xr and Yr both at 5.5 um. A 'Max of Before Correction' section displays values for um (488.1702, 62.76155) and percentage (3.447123). Checkboxes at the bottom left are checked for 'Ideal Value (White)' and 'Before Correction (Red)'.

Imagen 32. Datos de calibración del objetivo.

Antes de realizar ningún tipo de operación con las imágenes, procederemos a eliminar la distorsión radial en todas ellas. Veamos un ejemplo:

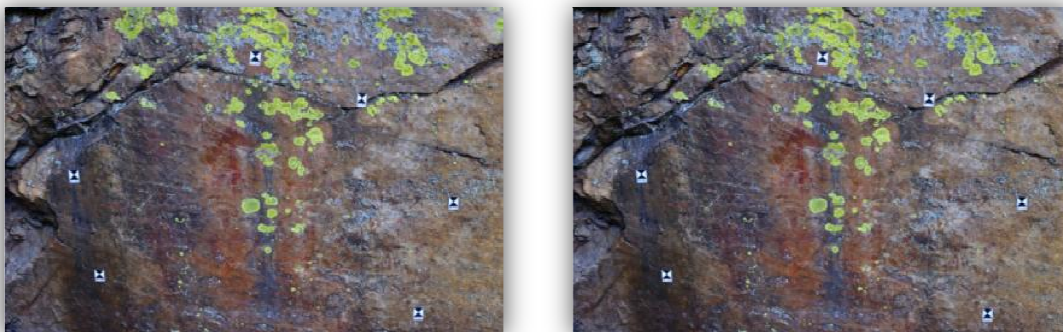


Imagen 33. Fotografía con distorsión (izquierda). Fotografía sin distorsión (derecha).

Para poder apreciar mejor las diferencias abrimos ambos ficheros en el mismo visor y alternando entre ellos se aprecian diferencias significativas.

3.3.2 Tratamiento de imágenes en el espectro visible y ultravioleta

El tratamiento radiométrico de imágenes es un proceso que permite la extracción y el análisis de diferentes características colorimétricas de los objetos retratados. Al tratarse de pinturas rupestres analizaremos los pigmentos visibles y sus posibles restos o repercusiones sobre el lienzo utilizado, en este caso la roca natural. Por ello se contemplan dos vías de análisis diferentes: fotografías en el espectro visible y en el ultravioleta.

· Espectro visible

Las fotografías para este proyecto se han tomado utilizando dos formatos de grabación. Uno de ellos es el formato JPEG y el otro RAW. El primero, JPEG, es un formato muy conocido pero tiene ciertas características que limitan las posibilidades de trabajo: es un formato comprimido con pérdida de información. Ciertos niveles del espectro visible se pierden al realizar la compresión. Cuanto más comprimido está el fichero, más información se pierde, siendo esta información irrecuperable. El segundo formato, RAW, presenta ciertas dificultades para tratarlo pero contiene la información matemática que ha registrado cada píxel de la cámara. Una vez procesada esta información generaremos nuestra imagen en color, pudiéndola guardar en formatos comprimidos con o sin pérdida de información.

El proceso empleado en este proyecto ha sido obtener dos fotografías en cada toma, JPEG y RAW, y generar nuestro fichero JPEG procesado con la información deseada. Veamos un ejemplo de imagen JPEG grabado por la cámara y un JPEG extraído de un fichero RAW procesado para acentuar los contrastes y facilitar la identificación de pigmentos en las rocas:

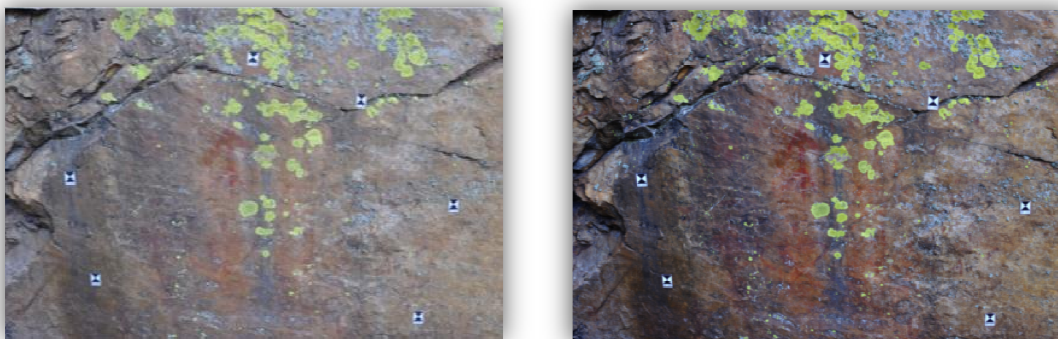


Imagen 34. La imagen izquierda pertenece a un fichero JPEG de cámara y la de la derecha en un JPEG extraído de un fichero RAW. (El segundo contiene mucha más información radiométrica).

Los datos de entrada en ambas imágenes son idénticos pero la forma de procesarlos depara resultados significativamente distintos.

Los colores obtenidos en muchos de los ficheros procesados no se ciñen a la realidad, pero tengamos en cuenta, que en este proyecto se pretende extraer las características de los pigmentos, y no en obtener imágenes fidedignas del yacimiento. En las carpetas con imágenes que se adjuntan se pueden consultar las imágenes procesadas y sin procesar.

· Ultravioleta

Se han realizado pruebas en el espectro ultravioleta, en gabinete, eliminando la protección UV del objetivo y realizando tomas con diferentes configuraciones. La iluminación se ha realizado en un cuarto oscuro iluminando los objetos de estudio con una lámpara de rayos UV conectada a la red eléctrica.

Los resultados deparaban imágenes en color, con distribución de gamas entre azules, violetas, blancos y negros. Después de diversas pruebas no se ha encontrado la manera de procesar este tipo de imágenes para los fines buscados, por lo tanto se ha desestimado su prueba en campo, ya que está vinculada con iluminar las pinturas con una lámpara de rayos UV y la necesidad de llevar un generador hasta el yacimiento para su funcionamiento.

3.3.3 Extracción de características y clasificación de las imágenes partiendo de imágenes RAW

Una vez tratadas las imágenes radiométricamente y obtenidas las versiones comprimidas, han sido procesadas para reducir su tamaño aproximadamente a la mitad y extraer las características, clasificándolas en diferentes capas.

Para ello, en primer lugar se han generado varias capas, en función de las necesidades de cada imagen. Unas presentaban pigmentos y roca, otras, pigmentos, rocas y un tipo de liquen, etc.

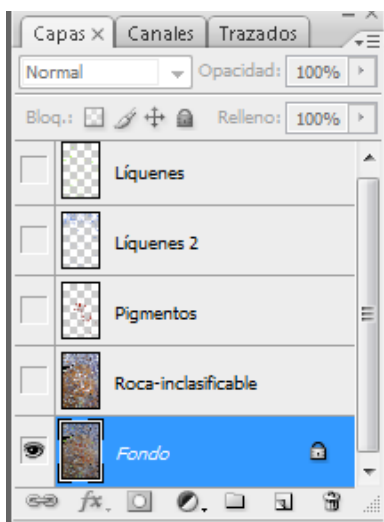


Imagen 35. Capas disponibles en el fichero "Zona A-07.psd".

Una vez creadas las capas, comenzamos a procesar los datos. Como no se ha seguido ninguna regla en la clasificación de las imágenes no se puede mostrar el proceso llevado a cabo para la extracción de características. Las herramientas utilizadas al efecto se encuentran en la paleta “Imagen > Ajustes”.

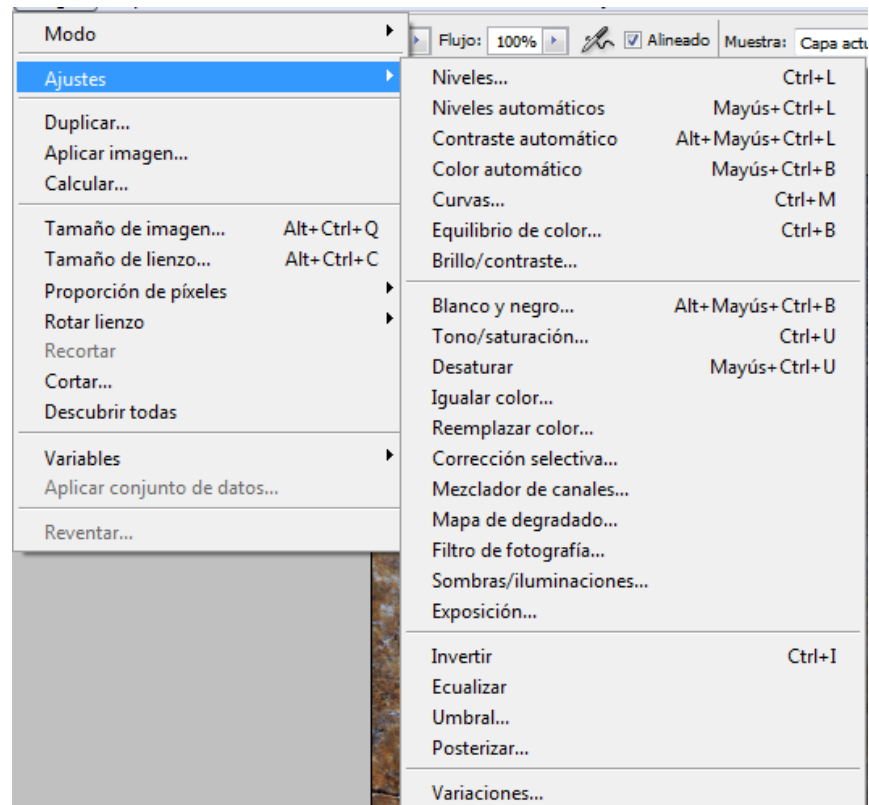


Imagen 36. Paleta de herramientas de edición de fotografías.

Las imágenes se han tratado una a una, empleando diferentes técnicas, dependiendo de los colores de su composición, contraste inicial, brillo...

Una vez aislado un elemento se procede a realizar una selección en la capa fondo del mismo y se pega en su capa correspondiente.

Veamos un ejemplo:

Partimos de la imagen original en la que se muestra una de las pinturas documentadas.



Imagen 37. Imagen original en la capa fondo.

Resaltamos los pigmentos mediante el procesado de imágenes y realizamos una selección de los mismos.

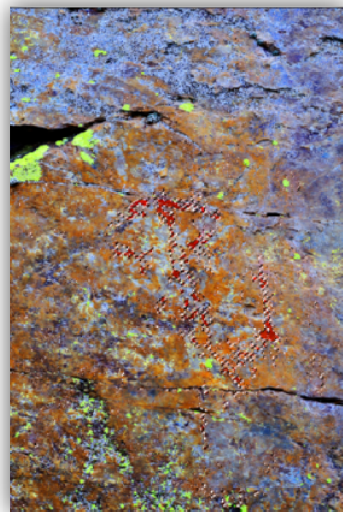


Imagen 38. Fotografía tratada con pigmentos seleccionados.

Colocamos esta selección en una nueva capa y modificamos su tono, para resaltar la zona de interés.



Imagen 39. Pigmentos aislados en una capa independiente.

Procedemos de igual manera con los líquenes y demás elementos.

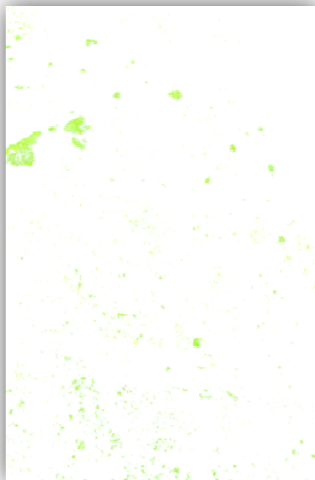


Imagen 40. Líquenes y zonas de roca o inclasificable.

Terminado el proceso de clasificación, los resultados se exportan a formato JPEG comprimido, generando imágenes convencionales que permitirán llevar a cabo posteriores estudios o análisis.



Imagen 41. Líquenes extraídos de una imagen.



Imagen 42. Pigmentos extraídos de la misma imagen anterior.



Imagen 43. Roca al natural sin pigmentos ni líquenes.



Imagen 44. Composición de las tres imágenes anteriores.

El conjunto de las pinturas se puede visualizar en los murales realizados al efecto, donde las pinturas se muestran escaladas en sus dimensiones y se ha incorporado una escala gráfica para facilitar la percepción de las dimensiones reales de las pinturas, así como el llevar a cabo mediciones de las misma.

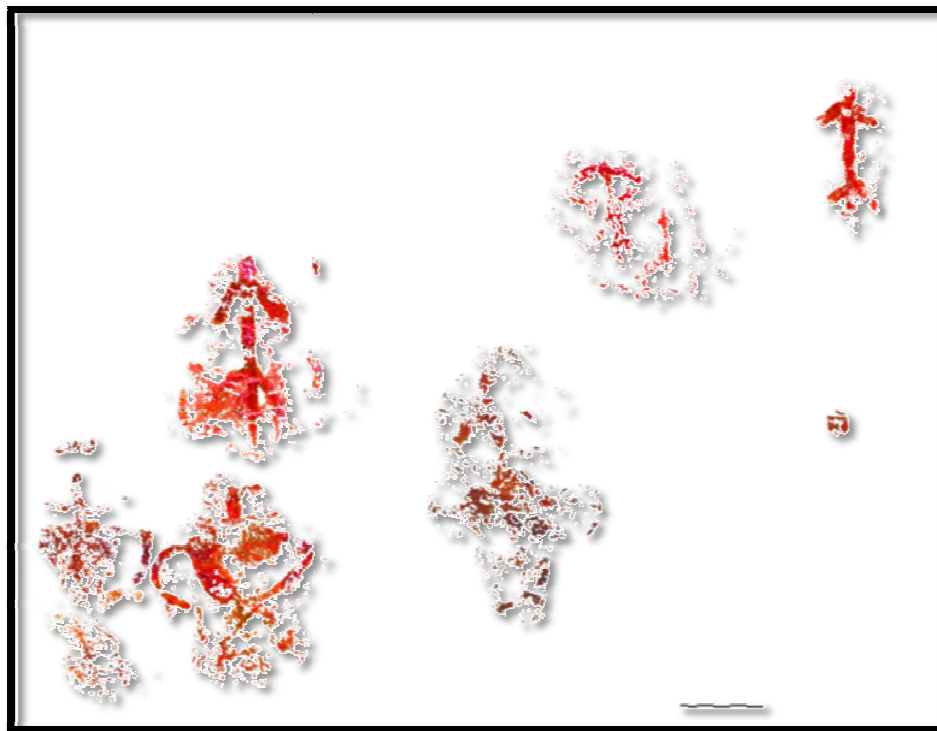


Imagen 45. Pinturas de la zona A.

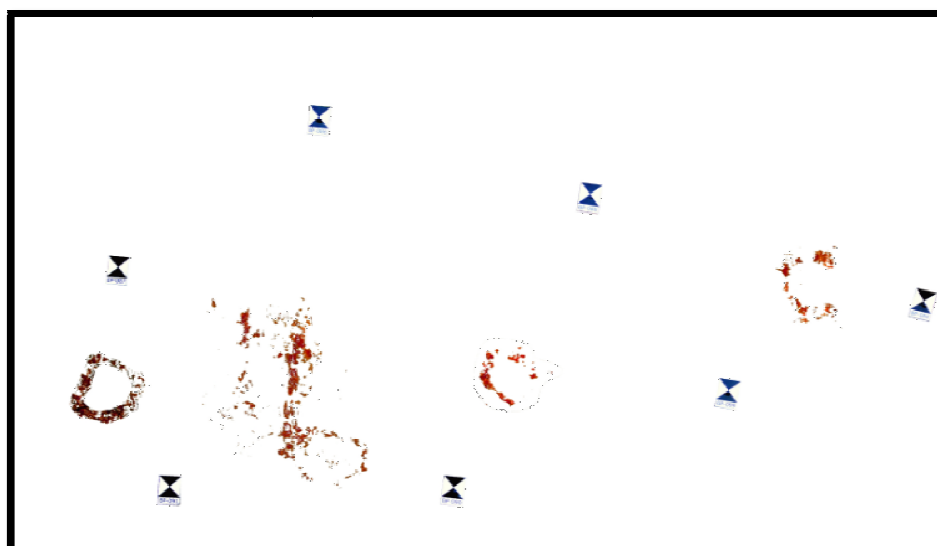


Imagen 46. Pinturas de la zona B.

3.3.4 Rectificación de las imágenes

La rectificación de imágenes es un proceso en el cual la imagen se proyecta sobre un plano, mediante la identificación de cierto número de puntos de control (mínimo tres). En este caso como puntos de control se han utilizado las dianas de puntería numeradas, colocadas en los puntos de interés antes de realizar el escaneo.

Cuando tenemos el escaneo alineado correctamente, limpio y colocado en coordenadas, procedemos a consultar las coordenadas de los puntos de apoyo, que se han obtenido en coordenadas relativas y se han tomado del escaneo nº 1 para la zona A y el escaneo nº 9 para la zona B. La zona C no fue escaneada, por lo que las coordenadas de las dianas fueron medidas utilizando un flexómetro.

Para consultar las coordenadas tridimensionales sobre la nube de puntos, se procedió a generar un nuevo escaneo que contiene únicamente los puntos correspondientes a las dianas. Este escaneo, al contar con pocos puntos, ha sido posible visualizarlo en AutoCad, donde se ha procedido a identificar las coordenadas de los centros de las dianas.

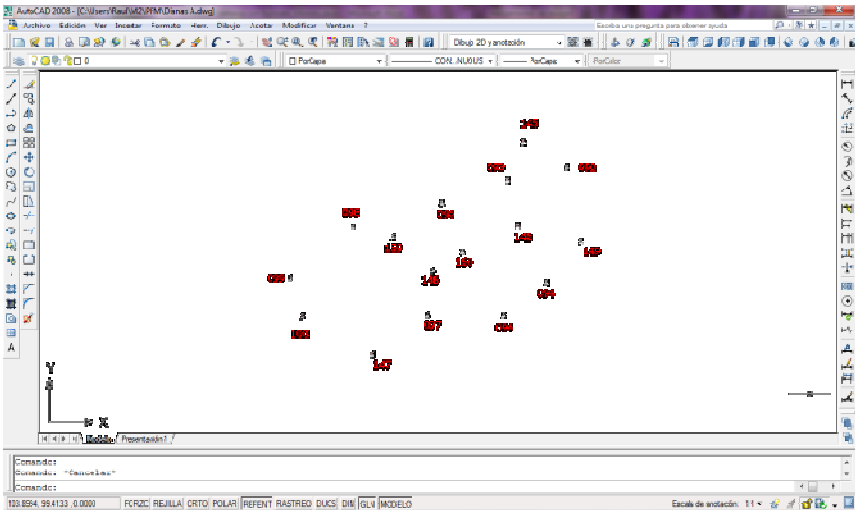


Imagen 47. Dianas distribuidas en el espacio en la zona A.

Introducimos todos los datos en un fichero Excel que más tarde utilizaremos en el proceso de rectificación.

Zona A				Zona B				Zona C			
Diana	X	Y	Z	Diana	X	Y	Z	Diana	X	Y	Z
92	102,0309	101,1598	100,0301	84	200,9902	200,2616	199,9847	85	0	0	0
93	101,5771	101,0591	100,0024	86	200,1879	200,4975	200,0204	111	0	0,1862	0
94	101,8816	100,2775	99,9776	87	199,9223	200,2983	199,9979	112	0,136	0	0
95	101,0786	100,8849	99,9991	88	200,5467	200,3972	200,0120	115	0,1173	0,1911	0
96	101,5496	100,0177	99,9969	89	200,7302	200,1391	199,9982				
97	100,9657	100,0174	100,0114	90	200,3705	200,0076	200,0015				
98	100,3964	100,6994	99,9994	91	199,9932	200,0047	199,9981				
99	99,9167	100,3067	100,0044								
100	100,0089	100,0115	100,0007								
145	101,7032	101,3554	100,0343								
146	101,0101	100,3633	99,9925								
147	100,5481	99,7181	100,0145								
148	101,6619	100,7065	99,9891								
149	102,1420	100,5878	100,0088								
159	100,7022	100,6214	99,9935								
160	101,2322	100,5075	99,9941								

Imagen 48. Coordenadas de las dianas de puntería

Procesadas y clasificadas las imágenes, procedemos a la rectificación de algunas de ellas para poder extraer las medidas reales de los restos de los pigmentos que quedan.

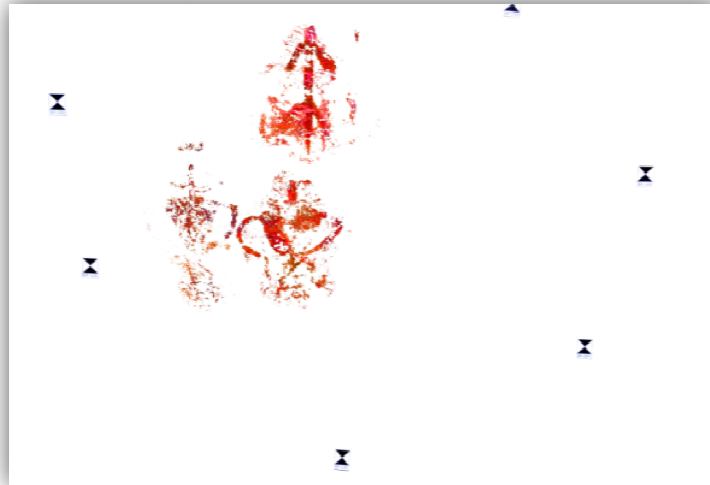


Imagen 49. Conjunto de pinturas antes de su rectificación.

Como las imágenes que tenemos procesadas ya están corregidas de distorsión radial, con la rectificación eliminamos las distorsiones restantes, que son las provocadas por la perspectiva de la cámara.

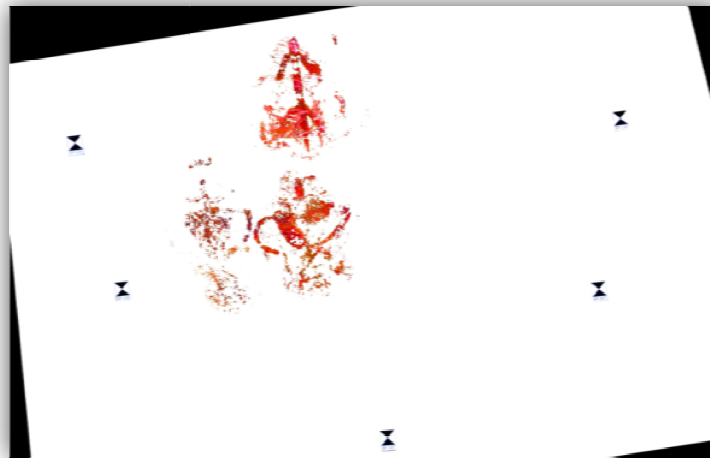


Imagen 50. Pigmentos corregidos de perspectiva, podemos medir sobre el documento.

3.3.5 Análisis dimensional de los pigmentos

La dimensión de los trazos encontrados, presenta diferentes grosores en función del estado de conservación de las pinturas, además de ser muy subjetivos los puntos de medida. Como una solución aproximada se han tomado 40 medidas distribuidas por los pigmentos encontrados obteniendo una media de 1,30 cm de ancho de trazo.

Este valor en principio puede arrojar la hipótesis de que las pinturas fueron realizadas con los dedos o aplicadas sobre la roca con un instrumento de dimensiones similares a los dedos de la mano.

En lo referente a las figuras y formas encontramos distintos grupos. En la zona A, encontramos figuras que representan hombres y un pequeño círculo punteado. En la zona B, encontramos 3 círculos, dos de ellos incompletos y dos figuras de hombre que se encuentra también en la zona A. Por último en la zona C encontramos una figura, semi-incompleta, pero sus pigmentos tienen mucha nitidez.

3.4 Desarrollo de la visita virtual del yacimiento

Debido al avance de las nuevas tecnologías y las ventajas que nos brinda el procesado automático de datos, cada vez se muestran más completas las presentaciones de trabajos, informes o proyectos. En este caso se a desarrollar una visita virtual del yacimiento, donde se muestra una síntesis de lo que nos vamos a encontrar en el yacimiento en caso de visitarlo.

La visita se ha creado en una plataforma flash, y el programa elegido para el ensamblado de todos los componentes de la animación flash ha sido “Tourweaver 4.00”. Una vez creados todos los ficheros de la animación, esta se podrá visualizar en cualquier ordenador con un navegador web corriente (Explorer, Mozilla FireFox, Opera...) y en caso de falta de algún “plug in”, el mismo programa solicitaría su instalación.

En los siguientes apartados se explica detenidamente los procesos seguidos tanto para generar las imágenes panorámicas como la propia visita virtual.

3.4.1 Creación de imágenes y panoramas

Para crear la visita virtual se han utilizado las fotografías tomadas en campo cubriendo los 360 grados del entorno en diferentes puntos. Uniendo las imágenes tomadas en cada estación se han creado, utilizando el programa Hugin, 8 imágenes esféricas que se utilizarán como base gráfica para construir la visita virtual.

Para generar las imágenes panorámicas cargamos las imágenes en el nuevo proyecto creado con Hugin, realizamos los ajustes pertinentes y creamos los panoramas en formato JPEG. Cada panorama está compuesto de un total de entre 7 y 13 fotografías

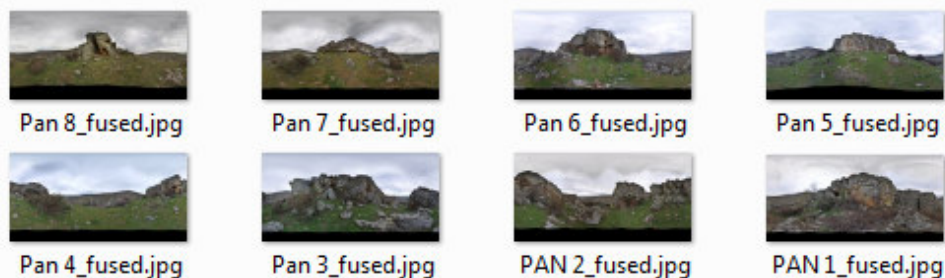


Imagen 51. Conjunto de imágenes esféricas empleadas.

3.4.2 Montaje de la animación en “Tourweaver 4.00”

Como ya se ha mencionado anteriormente, la aplicación elegida para montar la animación ha sido “Tourweaver 4.00”, que es un programa que cuenta con diferentes herramientas y apartados de trabajo para elaborar este tipo de productos.

Mediante este software, se ha creado un video que recorre el yacimiento basándose en las imágenes esféricas generadas en el apartado anterior, pero que permite además una interacción en el mismo por parte del usuario o espectador.

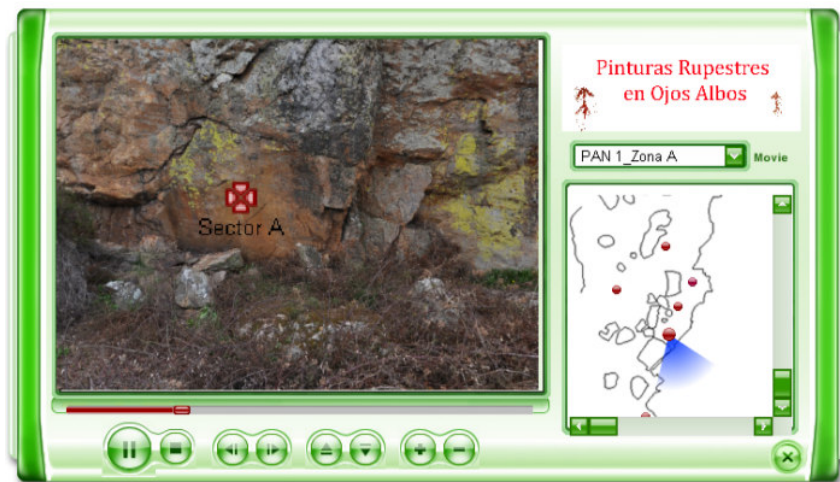


Imagen 52. Creación de pantalla inicial.

Para ello se han configurado diferentes apartados en el proceso de generación de la visita virtual, que se explicarán en los siguientes apartados de la memoria.

· Configuración de la pantalla de inicio de la aplicación

En la pestaña correspondiente a *Loading Window*, configuramos todo lo referente a la página de espera de carga de la aplicación.

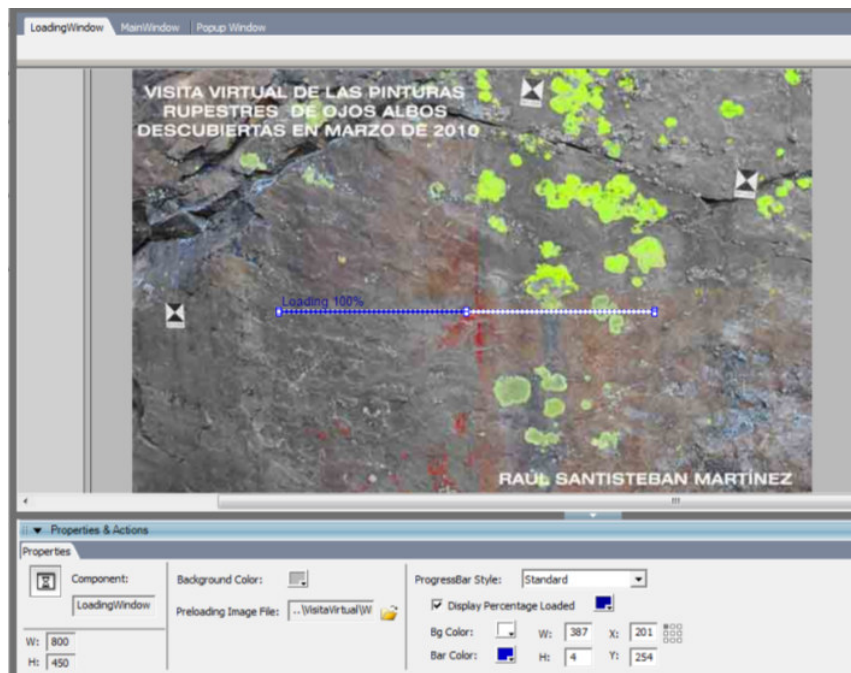


Imagen 53. Creación de pantalla inicial.

Para el caso se ha elegido un collage de 4 fotografías, acompañado de dos textos superpuestos. Como complemento una barra del estado de carga de la aplicación.

El programa nos permite modificar parámetros como el tamaño, color, posición de la barra.

· Configuración del interface y el contenido de la aplicación

En la pestaña correspondiente al *Main Window* configuraremos el grueso de la aplicación. En este punto introduciremos las imágenes visitables, documentación, mapa de navegación y un video que nos muestre el yacimiento en caso de querer “solo” observar la aplicación en vez de interactuar con ella.

Para introducir las imágenes que utilizaremos en el video clicaremos en la barra desplegable de la derecha en la opción List, Scene.

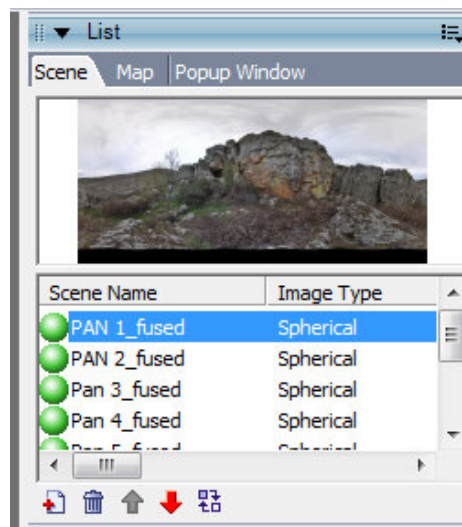



Imagen 54. Menú "List" de Tourweaver.

Con el icono  iremos introduciendo todo tipo de imágenes: esféricas, panorámicas, cúbicas, estáticas...

El programa nos muestra un video predeterminado que podremos aceptar, modificar, o crear íntegramente. En este caso se ha optado por crear un video totalmente nuevo. Para ello elegimos la fotografía que vamos a emplear, el punto de vista deseado y a continuación insertamos un fotograma. Avanzamos los segundos que se estimen oportunos y repetimos la misma acción. Siguiendo esta estrategia, el programa va realizando las transiciones entre los distintos puntos de vista deseados, modificando la velocidad de giro, zoom o cabeceo necesario para llegar a la posición objetivo solicitada.

Si lo que deseamos es realizar transiciones entre distintas imágenes, en un fotograma situamos una imagen y en la parte superior de la ventana de visión del panorama activo, cambiamos el panorama activo antes de insertar un nuevo fotograma. El programa se encarga de realizar la carga y transición de fotografías.

Las opciones de configuración de cada fotograma son tres:

PAN: desplazamiento horizontal

TILT: cabeceo de la imagen

FOV: Acercamiento o alejamiento del objeto

En cada imagen por separado podemos modificar cualquier parámetro como el punto de vista inicial, el efecto de transición que surtirá efecto al cambiar a otra imagen, la velocidad de desplazamiento de los fotogramas, el ángulo de visibilidad, su tamaño y por último comentar que se puede asignar un sonido o canción a cada imagen.

· **Configuración de croquis de desplazamiento.**

Con el fin de poder navegar por las imágenes sin necesidad de seguir el video, se ha equipado la animación flash con un croquis dinámico.



Imagen 55. Croquis de navegación.

Pinchando en cualquiera de los radares situados en el croquis, la animación se desplazará al lugar seleccionado, permitiendo una navegación personal por cada una de las panorámicas disponibles.

· **Configuración de Radares y Hotspots**

Radares: Son puntos situados en el mapa, que nos muestran la zona que está siendo visualizada en la animación. En ellos podemos configurar el color, la forma y el vínculo con la imagen a la que corresponde.

En primer lugar seleccionamos su vínculo y se mostrará en la imagen inferior izquierda la fotografía panorámica que corresponda. Navegando por ella seleccionamos un punto de vista conocido y orientamos el campo de escaneo del radar en la imagen derecha.

Procederemos de la misma forma en todos los radares. El programa realizará automáticamente las transiciones entre ellos durante la animación.

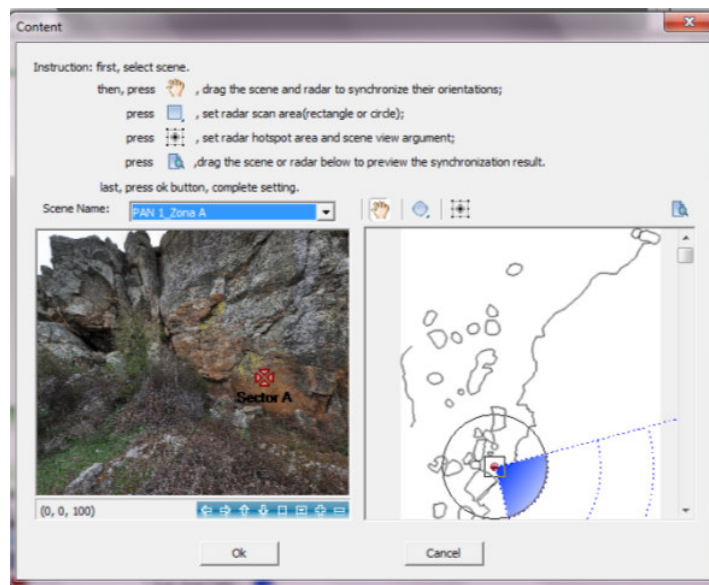


Imagen 56. Configuración de radar.

Hotspots: Son puntos situados en las imágenes que nos permiten realizar transiciones de una imagen a otra, dentro de la pantalla de navegación, como por ejemplo, acceder a la imagen de detalle de las pinturas cuando aparezca la zona en la imagen esférica.

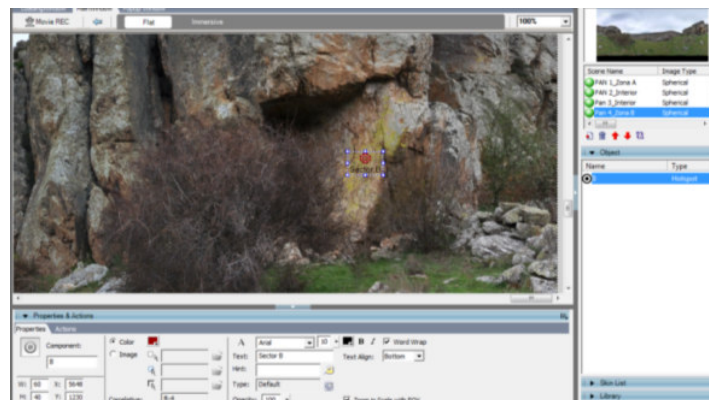


Imagen 57. Configuración de Hotspots.

4 Resultados obtenidos y conclusiones

Después de realizar este trabajo de documentación y comparándolo con otros similares realizados hasta la fecha, en primer lugar se nota la falta de una línea clara a seguir por no existir una petición expresa de unos resultados concretos. Por ello se ha intentado abordar todos los campos posibles y más apropiados en cada caso, sin tener en cuenta su viabilidad económica o su posterior empleo.

El tipo de elementos a documentar, roca y pinturas rupestres sobre ella, no permite utilizar otro tipo de técnicas que no sean el láser escáner y la fotografía, ya que intentar abordar este trabajo con una estación total, sería impensable. Tratar de realizar una planta y alzados del farallón rocoso dejaría una gran parte de la realidad oculta, dando paso a la libre interpretación de los datos tomados.

La falta de financiación ha provocado el desestimar ciertas técnicas de análisis radiométrico como pueden ser: cámaras térmicas, filtros infrarrojos, etc., con lo que se pudieran haber encontrado resultados mucho más profundos e interesantes.

Una vez generado el modelo tridimensional de puntos, ha resultado muy sencillo extraer la planta de los cortes realizados al efecto en el modelo.

En muchos proyectos la información de mayor importancia se encuentra en los planos, pero considero en este caso, que dicha importancia reside directamente sobre los ficheros digitales, donde podemos encontrar toda la información recogida hasta el momento.

5 Bibliografía

- **Manuales de Usuario:**

D'ANGELO, Pablo. *"Hugin Help, panotools.org"*. SVN 3465. © 2004-2008.

EASYPANO HOLDINGS INC. *"Tourweaver 4.00 Help Manual"*. © 2001-2008.
[<http://www.easypano.com>]

FARO TECHNOLOGIES INC. *"FARO Photon Laser Escaner 20/80 Manual de Usuario"*. © 2008 FARO Scanner Production GmbH. Revisado: 26 de Abril de 2008.

FARO TECHNOLOGIES INC. *"FARO Scene 4.5 Manual de Usuario"*. © 2008 FARO Scanner Production GmbH. Revisado: 27 de Abril de 2008.

NIKON CORPORATION. *"CÁMARA DIGITAL D90, Manual del usuario"*. Fuji Bldg., 2-3 Marunouchi 3-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8331, Japan. 2008.

- **Apuntes:**

GONZÁLEZ AGUILERA, Diego. *"Procesamiento de datos láser y radar"*. Universidad de Salamanca, Escuela Politécnica Superior de Ávila. 2009.

GONZÁLEZ AGUILERA, Diego. *"Talleres Procesamiento datos láser y radar"*. Universidad de Salamanca, Escuela Politécnica Superior de Ávila. 2009.

- **Páginas WEB:**

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA.
[<http://gifle.webs.upv.es/Investigacion.php#clas>] Dpto. de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría | Copyright © GIFLE, 2008

6 Agradecimientos

En primer lugar he agradecer a la Universidad Politécnica Superior de Ávila, el préstamo del material tecnológico y su interés mostrado por el proyecto.

En segundo lugar agradezco a los tutores Javier Gómez Lahoz y Diego González Aguilera por su dedicación y la ayuda prestada, tanto durante el presente curso como en la fase de realización del proyecto.

En tercer lugar agradecer a J. Francisco Fabián García y a la Junta de Castilla y León por su colaboración en el desarrollo de los trabajos de campo y el interés depositado en la documentación para realizar posteriores estudios.

Por último gracias todos los compañeros y compañeras que me han ayudado de diferentes formas a lo largo de los trabajos realizados en este proyecto.

ANEXOS

Navegador de mano

Marca: Garmin

Modelo: Etrex vista HCx



Especificaciones físicas

Tamaño 106.7 x 55.9 x 30.5 mm

Peso 159g con baterías instaladas

Pantalla 1.3" x 1.7", 256 colores, alta resolución, TFT transreflectivo (176 x 220 píxeles) con retroiluminación

Carcasa Compacta, totalmente sellada, resistente al agua, IEC-529, IPX7

Temperatura De -15 a 70 °C (de 5 a 158 °F)*

*El índice de temperatura de la serie eTrex puede exceder el rango de uso de algunas baterías.

Algunas baterías se pueden agrietar a altas temperaturas.

Rendimiento

Receptor Compatible con WAAS/EGNOS

Tiempos de adquisición: (aprox.)

Inicio en estado muy caliente: 3 segundos

Inicio en caliente: 33 segundos

Inicio en frío: 39 segundos

Frecuencia de actualización 1/segundo, continua

Antena Direccional integrada

Compás Precisión +/- 5 grados, resolución: 1 grado, calibrado por el usuario

Altímetro Precisión +/- 10 pies, resolución: 1 pie, calibrado por el usuario

Encendido

Fuente de alimentación Dos baterías AA de 1,5 voltios, cable adaptador de 12

V de CC, o adaptador PC/USB

Duración de la batería Hasta 25 horas

Precisión

GPS <10 metros(33 pies), 95% típica *

*Sujeto a una degradación de la precisión a 100m, 2 DRMS, bajo el Selective Availability (SA) Program (Programa de disponibilidad selectiva, SA) impuesto por el Departamento de Defensa de EE.UU. cuando está activado.

DGPS 3metros (10 pies), 95% típica*

*Precisión de Wide Area Argumentation System (WAAS, Sistema de aumento de área extendida) en Norteamérica.


Velocidad 0.1 metro/seg en estado estable

Interfaces Propiedad de Garmin (USB)

Duración del almac. de datos indefinido; no requiere batería de memoria


Almacenamiento de mapas Depende de la capacidad de formateo de la tarjeta micro SD.

Nikon D200 digital camera specifications

Image	
Format	Interchangeable lens camera, SLR
Release Status	Discontinued
Max resolution	3872 x 2592
Low resolution	2896 x 1944, 1936 x 1296
Image ratio w:h	3:2
Effective pixels	10.0 million
Sensor photo detectors	10.9 million
Sensor size	23.6 x 15.8 mm (3.72 cm ²)
Pixel density	2.7 MP/cm ²
Sensor type	CCD
Sensor manufacturer	Sony
ISO rating	100 - 1600 in 1, 1/2 or 1/3 EV steps (up to 3200 as boost)
Digital zoom	No
Image stabilization	No
Auto Focus	Nikon Multi-CAM1000
Manual Focus	Yes
White balance override	6 positions, plus manual preset and Kelvin
Min shutter	30 sec
Max shutter	1/8000 sec
Built-in Flash	Yes, pop-up
Flash range	12 m
External flash	Yes, hot-shoe plus sync connector
Flash modes	Front curtain, Rear curtain, Red-Eye, Slow, Red-Eye Slow
Exposure compensation	-5 to +5 EV in 1/2 or 1/3 EV steps
Metering	3D Matrix metering II, Center weighted, Spot
Aperture priority	Yes
Shutter priority	Yes
Focal length multiplier	1.5
Lens thread	Nikkor AF / F-mount, D-Type
Continuous Drive	Yes, 5 fps, 37 JPEG / 22 RAW frames
Movie Clips	No
Remote control	Yes, Optional
Self-timer	Yes, 2 to 20 sec
Timelapse recording	Yes
Orientation sensor	Yes
Storage types	Compact Flash (Type I or II)
Storage included	None
Uncompressed format	Yes, RAW
Quality Levels	Fine, Normal, Basic
Viewfinder	Optical (Pentaprism, 95% coverage, 0.94x magnification)

LCD	2.5 "
LCD Dots	230,000
Live View	No
USB	USB 2.0 (480Mbit/sec)
HDMI	No
Wireless	No
GPS	No
Environmentally sealed	No
Battery	Nikon EN-EL3e Lithium-Ion battery
Weight (inc. batteries)	920 g (32.5 oz)
Dimensions	147 x 113 x 74 mm (5.8 x 4.5 x 2.9 in)

Nikon D90 digital camera specifications

Image	
Format	Interchangeable lens camera, SLR
Max resolution	4288 x 2848
Low resolution	3216 x 2136, 2144 x 1424
Image ratio w:h	3:2
Effective pixels	12.3 million
Sensor photo detectors	12.9 million
Sensor size	23.6 x 15.8 mm (3.72 cm ²)
Pixel density	3.3 MP/cm ²
Sensor type	CMOS
Sensor manufacturer	Sony
ISO rating	Auto, 200 - 3200 (plus 6400 with boost)
Digital zoom	No
Image stabilization	No
Auto Focus	Nikon Multi-CAM1000
Manual Focus	Yes
White balance override	12 positions, plus manual and Kelvin
Min shutter	30 sec
Max shutter	1/4000 sec
Built-in Flash	Yes, pop-up
Flash range	17 m
External flash	Yes, hot-shoe
Flash modes	Front curtain, Rear curtain, Red-Eye, Slow, Red-Eye Slow
Exposure compensation	-5 to +5 EV in 1/2 or 1/3 EV steps
Metering	3D Matrix metering II, Center weighted, Spot
Aperture priority	Yes
Shutter priority	Yes
Focal length multiplier	1.5
Lens thread	Nikkor AF / F-mount, D-Type
Continuous Drive	Yes, 4.5 fps(CH) or 1-4 fps(CL)
Movie Clips	Yes
Remote control	Yes, Optional (ML-L3 or MC-DC2)
Self-timer	Yes, 2, 5, 10 or 20 sec
Timelapse recording	Yes, by USB cable and PC
Orientation sensor	Yes
Storage types	SD/SDHC card
Storage included	None
Uncompressed format	Yes, RAW
Quality Levels	Fine, Normal, Basic
Viewfinder	Optical (Pentaprism, 96% coverage, 0.96x magnification)
LCD	3 "

LCD Dots	920,000
Live View	Yes
USB	USB 2.0 (480Mbit/sec)
HDMI	Yes
Wireless	No
GPS	No
Environmentally sealed	No
Battery	Nikon EN-EL3e Lithium-Ion battery
Weight (inc. batteries)	703 g (24.8 oz)
Dimensions	132 x 103 x 77 mm (5.2 x 4.1 x 3 in)

PLANOS